

Container for receiving fuel for operation of a fuel cell in vehicles powered by fuel cells, with the container divided into two compartments with separate outlets by an element letting through fluids

Patent Number: DE19847985
Publication date: 2000-02-10
Inventor(s): ZUR MEGEDE DETLEF (DE), POSCHMANN THOMAS (DE)
Applicant(s): DBB FUEL CELL ENGINES GMBH (DE)
Requested Patent: ☐ DE19847985
Application Number: DE19981047985 19981017
Priority Number(s): DE19981047985 19981017
IPC Classification: H01M8/04
EC Classification: H01M8/04, H01M8/06, H01M8/06B2
Equivalents: ☐ WO0024076

Abstract

The container (1) has an inlet (E) for a medium (2, 3), and two outlets (A1, A2). It is divided at least into two compartments (5, 6) by means of at least one element (4) letting through fluids. The compartments are arranged so that one (5) of them with the outlet (A1) adjoins the inlet (E), while the other (6) with the outlet (A2) is remote from it.

Data supplied from the **esp@cenet** database - I2



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

12 Patentschrift
10 DE 198 47 985 C 1

5 Int. Cl. 7:
H 01 M 8/04

27 Aktenzeichen: 198 47 985.9-45
22 Anmeldetag: 17. 10. 1998
13 Offenlegungstag: -
15 Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: 10. 2. 2000

DE 198 47 985 C 1

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

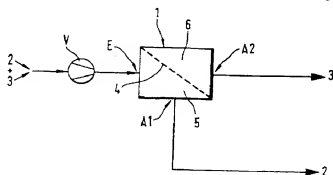
13 Patentinhaber:
DBB Fuel Cell Engines GmbH, 73230 Kirchheim, DE

29 Erfinder:
Poschmann, Thomas, Dipl.-Phys., 89073 Ulm, DE;
zur Megede, Detlef, Dr., 73230 Kirchheim, DE

56 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
gezogene Druckschriften:
NICHTS ERMITTELT

54 Behälter zur Aufnahme eines Betriebsmittels für den Betrieb von Brennstoffzellen sowie dessen Verwendung

57 Die Erfindung betrifft einen Behälter (1) zur Aufnahme eines Betriebsmittels (2) für den Betrieb von Brennstoffzellen (9), wobei der Behälter (1) einen Eingang (E) für ein Medium (2, 3), einen ersten Ausgang (A1) und einen zweiten Ausgang (A2) aufweist, der Behälter (1) durch mindestens ein Durchlaßmittel (4) zumindest in einen eingangsseitigen (5) und einen eingangsfernen Innenraum (6) unterteilt ist und der erste Ausgang (A1) im eingangsseitigen Innenraum (5) und der zweite Ausgang (A2) im eingangsfernen Innenraum (6) angeordnet ist.



98 47 985 C 1

Die Erfindung betrifft einen Behälter zur Aufnahme eines Betriebsmittels für den Betrieb von Brennstoffzellen.

Energie in Brennstoffzellen wird durch eine kontrollierte Reaktion zwischen Wasserstoff und Sauerstoff gewonnen, bei dem an einer Membran innerhalb der Brennstoffzelle Wasserstoff- und Sauerstoffionen zu Wasser gebunden werden. Es ist bekannt, die Betriebsmittel gasförmig aus Tanks der Brennstoffzelle zuzuführen. Auch ist bekannt, das Betriebsmittel Sauerstoff aus der Umgebungsluft zu gewinnen.

Besonders bei der Verwendung von Brennstoffzellen in nichtstationären Anlagen, wie etwa Fahrzeugen, bestehen sowohl Fehlschaltungen bezüglich dem zur Verfügung stehenden Raum als auch Sicherheitsbedenken hinsichtlich des Mitführens und/oder Lagerns größerer Volumina von Wasserstoffgas. Ebenso ist es vor allem für Brennstoffzellenfahrzeuge notwendig, eine ausreichend flächendeckende Versorgung mit Betriebsmitteln, insbesondere Wasserstoff, zu gewährleisten.

Es wurde bereits vorgeschlagen, den notwendigen Wasserstoff aus einem wasserstoffhaltigen oder kohlenwasserstoffhaltigen Betriebsmittel zu gewinnen. Bevorzugt wird etwa flüssiges Methanol verwendet, wobei der Wasserstoff zur Reaktion günstigerweise in einem Gaserzeugungssystem durch Wasserdampf-Methanolreformation gewonnen wird.

Ein wesentlicher Vorteil bei der Verwendung von Methanol besteht darin, daß Methanol an Tankstellen mit wesentlich weniger Aufwand verfügbar gemacht werden kann als beispielsweise Wasserstoffgas. Prototypen von Brennstoffzellenfahrzeugen werden mit chemisch hochreinem Methanol betrieben, da unerwünschte Beimengungen im Betriebsmittel chemisch aktive Bereiche vergiften können. Dagegen muß bei einem wirtschaftlichen Betrieb von Brennstoffzellenfahrzeugen, bei denen Methanol an Tankstellen getankt werden kann, wegen den üblichen Transportwegen und Transportmethoden mit einem höheren Verschmutzungsgrad des Methanols gerechnet werden, als dies in den verschiedenen chemisch aktiven Bereichen der Brennstoffzellen vertraglich ist.

Es ist die Aufgabe der Erfindung, einen Behälter zur Aufnahme eines Betriebsmittels für Brennstoffzellen verfügbar zu machen, welcher auch für Methanol mit geringem Reinheitsgrad geeignet ist.

Diese Aufgabe wird durch die Merkmale des unabhängigen Anspruchs gelöst. Weitere Vorteile und Ausgestaltungen der Erfindung gehen aus den weiteren Ansprüchen und der Beschreibung hervor.

Ein erfindungsgemäßer Behälter weist zumindest einen Eingang für Medien, vorzugsweise Betriebsmittel, einen ersten Ausgang und einen zweiten Ausgang auf, wobei der Behälter durch mindestens ein Durchlaßmittel zumindest in einen eingangsseitigen und einen eingangsfernen Innenraum unterteilt ist und wobei der erste Ausgang im eingangsseitigen Innenraum und der zweite Ausgang im eingangsfernen Innenraum angeordnet ist.

In einer bevorzugten Ausführung ist das Durchlaßmittel zum Abtrennen von Verunreinigungen des Betriebsmittels vorgesehen. In einer weiteren bevorzugten Ausführung ist das Durchlaßmittel im eingangsfernen Innenraum mit einer ersten Art des Betriebsmittels und im eingangsfernen Innenraum mit einer zweiten Art des Betriebsmittels in Kontakt, wobei die zweite Art des Betriebsmittels einen geringeren

Reinheitsgrad aufweist als die erste Art des Betriebsmittels.

In einer weiteren bevorzugten Ausführung ist das Durchlaßmittel im eingangsfernen Innenraum mit Betriebsmittel und im eingangsfernen Innenraum mit Verunreinigungen des Betriebsmittels in Kontakt.

Vorteilhaft ist, wenn das Durchlaßmittel eine semipermeable Membran und/oder ein Moleküllarsieb und/oder einen Keramikkörper und/oder ein Partikelfilter aufweist.

Zweckmäßig ist, ein eingangsfernes Innenraum des Behälters eine Verbindung zu einer Vakuumpumpe vorzusehen. Durch eine einseitige Reduktion des Partialdrucks ist ein erhöhter Durchsatz des das Durchlaßmittel durchsetzenden Mediums möglich.

Eine weitere zweckmäßige Ausgestaltung ist, im eingangsfernen Bereich des Behälters eine Verbindung zu einer Spüleinrichtung vorzusehen. Der Durchsatz des das Durchlaßmittel durchsetzenden Mediums kann durch Spülen des eingangsfernen Innenraums mit einem Spülmedium erhöht werden.

In einer besonders bevorzugten Ausgestaltung weist das Betriebsmittel Methanol auf. Gunstig ist vorzusehen, daß das gereinigte Methanol einem Gaserzeugungssystem zur Wasserstoffgewinnung zuführbar ist. Weiterhin günstig ist, daß die Verunreinigungen einer katalytischen Brennerreinigung zuführbar sind. Damit lassen sich aus der Methanolreinigung gewonnene Kohlenwasserstoff-Verunreinigungen vorteilhaft für die Gewinnung von Prozelwärme für etwaige Reformier-, Verdampfer und/oder Gasreinigungseinheiten verwenden.

Bevorzugt ist die Verwendung des Behälters in einem Brennstoffzellenfahrzeug.

Eine weitere bevorzugte Verwendung des Behälters betrifft die Verwendung in einer Tankanlage für Brennstoffzellenfahrzeuge. In diesem Fall kann gereinigtes oder zumindest vorgeräumtes Betriebsmittel in das Fahrzeug abgefüllt werden.

Die Erfindung ist nachstehend anhand einer Zeichnung näher beschrieben, wobei

Fig. 1 eine Prinzipdarstellung einer Anordnung mit einem Durchlaßmittel gemäß der Erfindung,

Fig. 2 eine Ausgestaltung einer erfindungsgemäßen Anordnung mit einem Durchlaßmittel gemäß der Erfindung,

Fig. 3 eine weitere Ausgestaltung einer erfindungsgemäßen Anordnung mit einem Durchlaßmittel gemäß der Erfindung und

Fig. 4 eine weitere Ausgestaltung einer erfindungsgemäßen Anordnung zeigt.

In folgenden wird die Erfindung anhand eines Behälters in einem Brennstoffzellenfahrzeug beschrieben, bei dem Methanol als Betriebsmittel verwendet wird. Die Erfindung ist jedoch nicht auf diesen Anwendungsfall beschränkt, sondern kann auch bei stationären Brennstoffzellensystemen oder nichtstationären Brennstoffzellensystemen eingesetzt werden. Weiterhin sind auch andere wasserstoffhaltige flüssige oder gasförmige Medien statt Methanol verwendbar.

Für einen Großserien- und Flotteninsatz von Brennstoffzellenfahrzeugen muß eine entsprechende Tankstelleneinrichtung für geeignete Betriebsmittel, vorzugsweise Methanol, geschaffen werden. Da jedoch damit zu rechnen ist, daß für längere Zeit gleichzeitig Fahrzeuge mit Verbrennungsmotoren betrieben werden, ist davon auszugehen, daß der Ferntransport und die Regionalverteilung von Methanol über Pipelines und/oder Tankfahrzeuge erfolgt, über die auch Benzin und Diesel transportiert werden.

%, zu rechnen. Diese Kohlenwasserstoffe können zu einer Reduzierung der Aktivität des Reformierungskatalysators führen, mit dem Wasserstoff aus Methanol gewonnen werden soll und müssen daher vor dem Reformierungsprozeß aus dem Methanol entfernt werden.

Eine bevorzugte Lösung besteht darin, dergestalt verunreinigtes Methanol mit Hilfe eines Durchlafmittels, insbesondere einer Membran, zu reinigen, welche insbesondere polare von unpolaren Stoffen trennen kann. Vorteilhaft Membranmaterialien sind Polymere, Molekularsiebe und/oder poröse Keramiken. Geeignet sind Durchlafmittel, insbesondere Membranen, welche für einen Stoff ein höheres Durchlafvermögen als für einen anderen Stoff aufweisen.

Der besondere Vorteil ist, daß eine Reinigung des Betriebsmittels vorzugsweise in einem Brennstoffzellenfahrzeug erfolgen kann. Alternativ kann eine entsprechende Reinigung des Betriebsmittels direkt an Tankstellen, z. B. in Zapfsäulen erfolgen. Insbesondere bei Methanol als Betriebsmittel werden als Verunreinigungen höhere Kohlenwasserstoffe extrahiert, welche vorteilhaft vor Ort der weiteren Verwendung in Ottokraftstoffen zugeführt werden können.

Eine weitere bevorzugte Lösung besteht darin, eine Membran zu verwenden, an welcher eine chemische Umsetzung von einem Stoffgemisch zum Betriebsmittel stattfinden kann, insbesondere kann dafür ein Molekularsieb verwendet werden.

In Fig. 1 ist eine Prinzipdarstellung einer Anordnung mit einem Durchlafmittel gemäß der Erfindung als Detailansicht skizziert. In einem Behälter 1 wird Methanol mit etwaigen Verunreinigungen 3 als vorzugsweise flüssiges Betriebsmittel 2 durch einen Fingang E zugeführt. Im Fingangsbereich kann ein Element V, vorzugsweise ein Ventil und/oder eine Pumpe, vorgesehen sein. Im Innenraum des Behälters 1 ist ein Durchlafmittel 4 so angeordnet, daß der Innenraum des Behälters 1 in mindestens zwei Bereiche, einen eingangsseitigen Innenraum 5 und einen eingangsfernen Innenraum 6 unterteilt wird. Im eingangsseitigen Innenraum 5 ist ein erster Ausgang A1, im eingangsfernen Innenraum 6 ist ein zweiter Ausgang A2 angeordnet, durch welche Ausgänge gereinigtes Betriebsmittel 2 und/oder Verunreinigungen 3 aus dem Behälter 1 entnehmbar sind.

Ist das Durchlafmittel 4 durchlässiger für Verunreinigungen 3 des Betriebsmittels 2, können die Verunreinigungen 3 durch das Durchlafmittel 4 permeieren und durch den Ausgang A2 abgeführt werden. Das Betriebsmittel 2 bleibt als Raffinat zurück und kann über den Ausgang A1 entnommen werden. Um den Durchsatz des Permeats zu erhöhen, kann zweckmäßigerweise der eingangsferne Innenraum 6 mit einer Vakuumpumpe oder einer Spülvorrichtung, vorzugsweise einem Spülgas, verbunden werden. Durch den verringerten Partialdruck des Permeats im eingangsfernen Innenraum 6 kann der Durchsatz des Permeats durch das Durchlafmittel 4 gesteigert werden.

Es ist jedoch auch möglich, ein Durchlafmittel 4 einzusetzen, welches selektiv bevorzugt das Betriebsmittel 2 permeieren läßt. In diesem Fall kann das Betriebsmittel 2 aus dem Ausgang A2 und die Verunreinigungen 3 aus dem Ausgang A1 entnommen werden.

In Fig. 2 ist eine vorteilhafte Ausgestaltung einer erfindungsgemäßen Anordnung in einem Brennstoffzellen-Betriebssystem dargestellt. Methanol 2 mit Verunreinigungen 3 gelangt über ein Ventil V in den Fingang E des Behälters 1, welcher wie in Fig. 1 beschrieben, aufgebaut ist. Durch-

laufmittel 4 wird gereinigtes Methanol 2 in einen eingangsfernen Innenraum 6 geleitet und unter Zufuhr von Luft verbrannt. Die entstehende Wärme steht als Prozeßwärme für verschiedene Prozesse im System zur Verfügung.

Durch den Ausgang A1 in den eingangsseitigen Innenraum 5 wird gereinigtes Methanol 2 einem Gaserzeugungssystem 8 zugeführt, dort mit zugeführtem Wasser und/oder Wasserdampf befeuchtet und reformiert. Der aus dem Methanol gewonnene Wasserstoff wird dann einer Brennstoffzelle oder einem Brennstoffzellenstapel 9 zugeführt.

In Fig. 3 ist eine weitere vorteilhafte Ausgestaltung dargestellt. Methanol 2 mit Verunreinigungen 3 gelangt über ein Ventil oder eine Pumpe V in den Fingang E des Behälters 1, welcher wie in Fig. 1 und Fig. 2 beschrieben, aufgebaut ist. Durchlafmittel 4 unterteilt den Innenraum in einen eingangsseitigen Innenraum 5 und einen eingangsfernen Innenraum 6. Durch den Ausgang A1 in den eingangsseitigen Innenraum 5 wird gereinigtes Methanol 2 einem Gaserzeugungssystem 8 zugeführt, dort mit zugeführtem Wasser und/oder Wasserdampf befeuchtet und reformiert. Der aus dem Methanol gewonnene Wasserstoff wird dann einer Brennstoffzelle oder einem Brennstoffzellenstapel 9 zugeführt.

Verunreinigungen 3 permeieren dagegen durch das Durchlafmittel 4 und werden über den Ausgang A2 abgeführt. Um den Durchsatz der Verunreinigungen 3 zu erhöhen, wird vorzugsweise das Verfahren der Pervaporation eingesetzt. Der Permeatdruck bei der Pervaporation eine Phasenumwandlung von flüssig nach gasförmig. Die Treibkraft für die Pervaporation einer Komponente ist wie bei anderen Membranverfahren der Gradient ihres chemischen Potentials. Bei der Pervaporation ist dieser Gradient bevorzugt über die Absenkung des Partialdrucks auf der Permeatseite unter den zur Betriebstemperatur gehörenden Sättigungsdampfdruck zu erreichen, wodurch es zu einer Verdampfung des Permeats bei der Desorption kommt. Zweckmäßigerweise wird der eingangsferne Innenraum 6 des Behälters 1 daher mit einer Vakuumpumpe 10 verbunden, welche den eingangsfernen Innenraum 6 evakuiert. Der Strom der abgetrennten Verunreinigungen 3 wird dann einer Heizeinrichtung 11 zum Vorwärmen der Verunreinigungen 3 zugeführt, welcher auch Abgas aus der Brennstoffzelle 9 und heißes Abgas aus dem katalytischen Brenner 7 zum Wärmetausch mit den Verunreinigungen zugeführt wird. Die erwärmten Verunreinigungen 3 werden aus der Heizeinrichtung 11 dem katalytischen Brenner 7 zugeführt, bzw. abgekühltes Abgas aus der Heizeinrichtung 11 abgeführt.

In Fig. 4 ist eine weitere vorteilhafte Ausgestaltung dargestellt. Der Aufbau entspricht im wesentlichen dem Aufbau der Fig. 3. Methanol 2 mit Verunreinigungen 3 gelangt über ein Ventil V in den Fingang E des Behälters 1. Durchlafmittel 4 unterteilt den Innenraum in einen eingangsseitigen Innenraum 5 und einen eingangsfernen Innenraum 6. Durch den Ausgang A1 in den eingangsseitigen Innenraum 5 wird gereinigtes Methanol 2 einem Gaserzeugungssystem 8 zugeführt, dort mit zugeführtem Wasser und/oder Wasserdampf befeuchtet und reformiert. Der aus dem Methanol gewonnene Wasserstoff wird dann einer Brennstoffzelle oder einem Brennstoffzellenstapel 9 zugeführt.

Verunreinigungen 3 permeieren dagegen durch das Durchlafmittel 4 und werden über den Ausgang A2 abgeführt. Um den Durchsatz der Verunreinigungen 3 zu erhöhen, wird vorzugsweise das Verfahren der Pervaporation eingesetzt. Der Partialdruck wird in diesem Fall nicht mittels einer Vakuumpumpe erniedrigt, sondern mittels einer

dann einer Heizeinrichtung 11 zum Vorwärmen zugeführt, welcher auch heißes Abgas aus dem katalytischen Brenner 7 zugeführt wird. Die erwärmten Verunreinigungen 3 werden aus der Heizeinrichtung 11 dem katalytischen Brenner 7 zugeführt, bzw. abgekühltes Abgas aus der Heizeinrichtung 11 abgeführt.

Wird ein Durchlaßmittel 4 gewählt, welches selektiv für das Betriebsmittel durchlässig ist, wird entsprechend der Ausgang A2 mit dem Gaserzeugungssystem 8 verbunden, während Ausgang A1 mit der katalytischen Brenneinrichtung 7 mittelbar oder unmittelbar zu verbinden ist.

Das Durchlaßmittel 4 kann auch aus mehreren selektiv durchlässigen Körpern gebildet sein, so daß verschiedene Stoffe aus dem zugeführten Medium vom gewünschten Betriebsmittel 2 selektiv abgetrennt werden können. Vorzugsweise sind mehrere Durchlaßmittel 4 hintereinandergeschaltet angeordnet. Es ist jedoch auch möglich, mehrere Durchlaßmittel 4 nebeneinander anzuordnen oder auch Durchlaßmittel 4 parallel und hintereinander anzuordnen. Damit kann die selektive Abtrennung mehrerer unterschiedlicher Stoffe vom Betriebsmittel optimiert werden.

Ein bevorzugtes Durchlaßmittel 4 ist ein Partikelfilter, vorzugsweise wird ein Partikelfilter zusätzlich zu einer weiteren Membran vorgesehen.

Vorteilhafte Ausführungen von Durchlaßmitteln zur Abtrennung sauerstoffhaltiger Verbindungen, z. B. Methanol und/oder Dimethyläther und/oder Wasser, aus einem kohlenwasserstoffhaltigen Gemisch sind im folgenden kurz erläutert. Bevorzugtes Durchlaßmittel 4 ist eine Membran, wobei bevorzugte Membranmaterialien Celluloseacetat und/oder Celluloseacetat-Butyrat und/oder Polyethylen und/oder Polyvinyl-Acetat und/oder Polyvinylchlorid und/oder chloriertes Polyethylen und/oder Polyvinylchlorid und/oder Polyvinylidenchlorid aufweisen.

Eine bevorzugte Membran, bei der Methanol überwiegend permeant ist, weist zumindest Celluloseacetat und/oder Celluloseacetat-Butyrat auf.

Eine bevorzugte Membran, bei der Methanol überwiegend retent ist, ist vorzugsweise aus der Gruppe von Polyvinylchlorid und/oder Polyvinylidenchlorid und/oder Polyethylen ausgewählt.

Je nach gewähltem Durchlaßmittel kann ein Zusatz von Verbindungen wie etwa Ather zur Verbesserung einer Permeation oder einer Reduzierung der Permeation von Methanol geeignet sein. Vorteilhaft kann ein Druckunterschied zwischen eingangsseitigem Innenraum 5 und einem eingangsfertigen Innenraum 6 sein, wobei eingangsseitig ein Unterdruck oder eingangsnahe ein Überdruck erzeugt werden kann.

raum (5) mit einer ersten Art des zugeführten Mediums (2, 3) und im eingangsfertigen Innenraum mit einer zweiten Art des zugeführten Mediums (2) in Kontakt ist.

4. Behälter nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß die erste Art des zugeführten Mediums (2, 3) einen geringeren Reinheitsgrad als die zweite Art des zugeführten Mediums (2) aufweist.

5. Behälter nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß die erste Art des zugeführten Mediums (2, 3) eine andere chemische Zusammensetzung als die zweite Art des zugeführten Mediums (2) aufweist.

6. Behälter nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß das Durchlaßmittel (4) im eingangsfertigen Innenraum mit Verunreinigungen (3) des Betriebsmittels (2) in Kontakt ist.

7. Behälter nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Durchlaßmittel (4) eine semipermeable Membran, ein Molekularsieb, einen Keramikkörper oder ein Partikelfilter aufweist.

8. Behälter nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß im eingangsfertigen Innenraum (6) des Behälters (1) eine Verbindung zu einer Vakuumpumpe (10) vorgesehen ist.

9. Behälter nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß im eingangsfertigen Innenraum (6) des Behälters (1) eine Verbindung zu einer Spüleinrichtung vorgesehen ist.

10. Behälter nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Betriebsmittel (2) Methanol ist.

11. Behälter nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß Methanol (2) einem Gaserzeugungssystem (8) zur Wasserstoffgewinnung zugeführbar ist.

12. Behälter nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Verunreinigungen (2) einer katalytischen Brenneinheit (7) zugeführbar sind.

13. Verwendung des Behälters in einem Brennstoffzellenfahrzeug.

14. Verwendung des Behälters in einer Tankanlage für Brennstoffzellenfahrzeuge.

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

Patentansprüche

1. Behälter (1) zur Aufnahme eines Betriebsmittels (2) für den Betrieb von Brennstoffzellen (9), dadurch gekennzeichnet, daß der Behälter (1) einen Eingang (E) für ein Medium (2, 3), einen ersten Ausgang (A1) und einen zweiten Ausgang (A2) aufweist, daß der Behälter (1) durch mindestens ein Durchlaßmittel (4) zumindest in einen eingangsseitigen (5) und einen eingangsfertigen Innenraum (6) unterteilt ist und daß der erste Ausgang (A1) im eingangsseitigen Innenraum (5) und der zweite Ausgang (A2) im eingangsfertigen Innenraum (6) angeordnet ist.
2. Behälter nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Durchlaßmittel (4) zum Abtrennen von Verun-

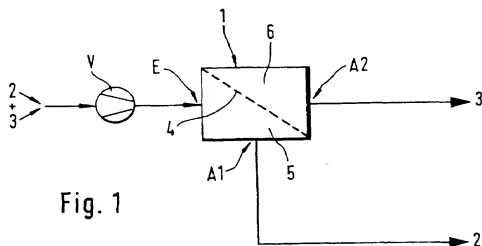


Fig. 1

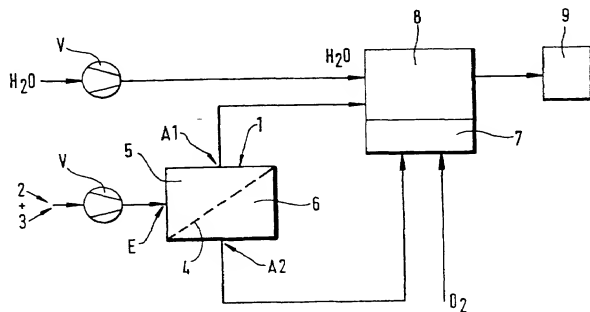


Fig. 2

Fig. 3

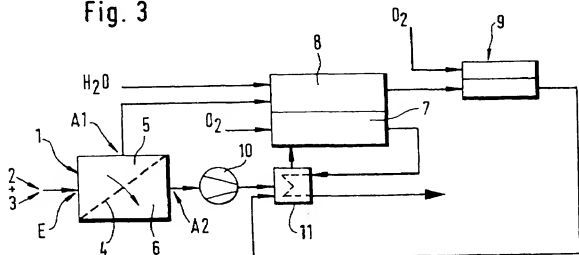


Fig. 4

